Kärnreaktorn R1 – ett stycke högteknologisk pionjärhistoria

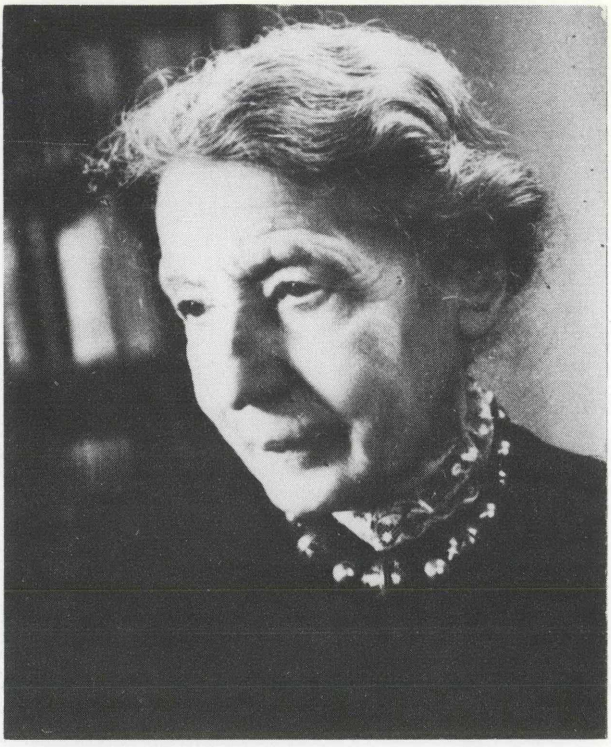
Av Karl-Erik Larsson

Bakgrunden

Den 6 augusti 1945 revs förlåten undan med stor dramatisk kraft och blottade en scen, som ytterst få personer omedelbart förstod: atombomben föll över Hiroshima och därmed sattes snabbt punkten för ett krig, som i sex år pinat mänskligheten. Denna dramatiska start av atomåldern drog med sig en förbannelse, som det fredliga atomära verksamhetsområdet sedan ej har lyckats bli förlöst ifrån. Atombomben alstrades av hat och skapade permanent fruktan. Men låt oss skaka av oss dessa obotliga olustkänslor och granska den fredliga utvecklingen inom atomområdet och särskilt utvecklingen i vårt land. Det leder till skildringen av utvecklingen av en ny, högteknologisk verksamhetsgren inom svensk industri.

De första stapplande stegen mot utvecklingen av denna högteknologi togs i byggnader, som ligger centralt i Stockholm, alldeles i närheten av Tekniska Högskolan (KTH). Här utvecklades och byggdes under åren 1948–54 Sveriges första kärnreaktor, som kom att kallas R1 (R som i *r*eaktor).

Som bakgrund till den svenska utvecklingen på detta område får man erinra sig inledningen. Det var tydligt redan 1945, att i världens vapenarsenaler skulle komma att ingå ett nytt vapenslag: kärnvapnen. I anledning härav måste även Sveriges regering se om sitt hus på försvarets område och inlemma studier av de nya vapnens verkan och eventuellt framställning inom ramen för försvarets forskning organiserad i Försvarets Forskningsanstalt (FOA). Den från USA tillgängliga officiella informationen på området var minimal och av den typ, som återfinnes i Smythes rapport av år 1945. (Officiell Amerikansk Rapport över Atombomben 1945.) Så mycket stod dock klart, att inkörsporten till det nya teknikområdet – civilt och militärt – var en atomstapel som kärnreaktorn först kom att kallas. I civil användning lovade kärnreaktorn att bli en energikälla av en hittills icke skådad kompakthet. Tidningarna innehöll vid den tiden lockande notiser t ex om att energiinnehållet i en mängd uran, som ryms i en tändsticksask, var nog att driva en atlantångare tur och retur Göteborg–New York.

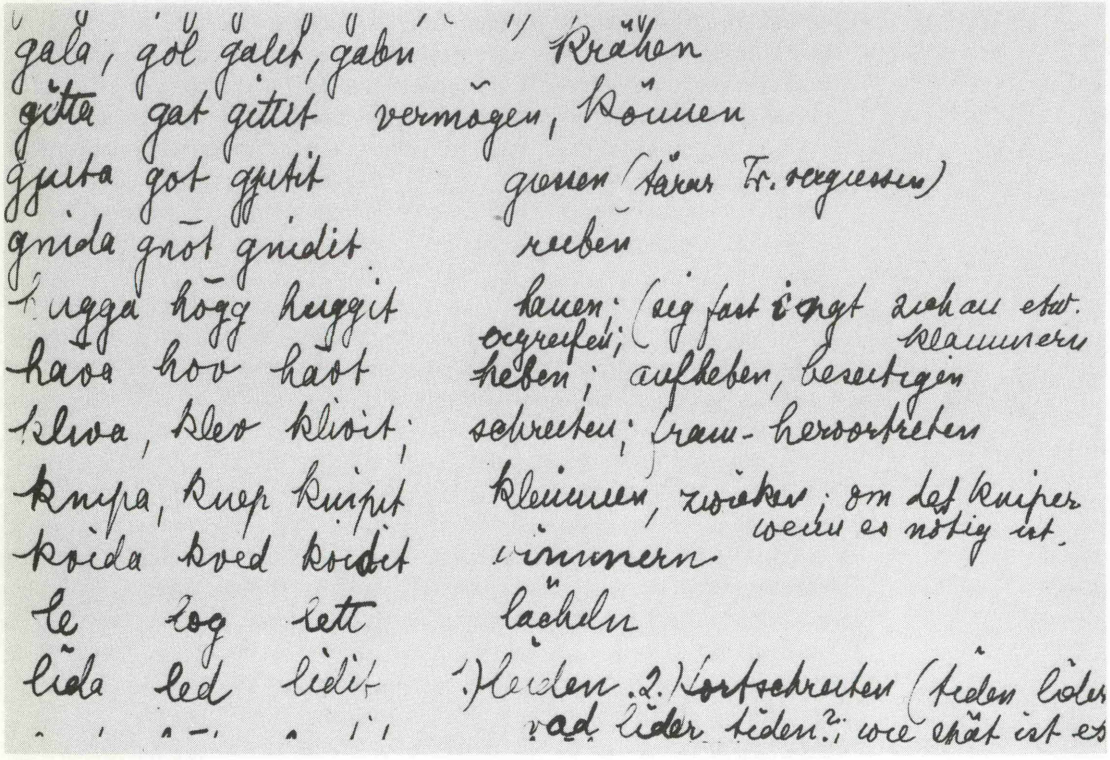


1. Lise Meitner, den tyska forskare, som verksamt bidrog till upptäckten av kärnklyvningen, vistades från årsskiftet 1938–39 i Sverige som flykting.

Bilden visar utdrag ur hennes personliga anteckningsböcker förda redan 1939 i Sverige. Därav framgår hur hon

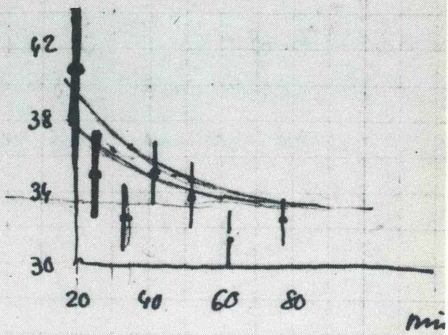
a. strävade efter att lära sig svenska
b. fortsatte sin experimentella forskning i Sverige
c. spekulerade över hur kärnklyvning egentligen var möjlig.

(Ur Lise Meitners efterlämnade kvarlåtenskap. Studsvik Energiteknik AB, Biblioteket)



a.

22h19	18 Min	8265		
	22	8429	164	41,0 ± 3.2
	28	8641	212	35,3 ± 2.4
	36	8900	259	32,4 ± 2
	46	9250	350	35.0 ± 1.9
	56	9588	338	33.8 ± 1.8
	67	9933	345	31.4 ± 1.7
	87	0578	645	32.3 ± 1.3
12h05	124	1814	1236/37	33,3

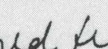


29. II. 39.

Z_0 (neues Cellophan)

b.

(das Minuszeichen ist eine Verbesserung) $\alpha_4 = -243/595$ α_2 — 23)

in Übereinstimmung mit der Tatsache, dass da die Birnform mit abnehmendem $2\tilde{r}/\lambda$ mehr länglich wird soll eine Konkavität ausbilden muss um den Äquatorial Gurtel, um kontinuierlich mit Änderung der Ladung zu der dumpbell shaped figure zu kommen ()

(  )

mit c 23) kann man α_4 aus 22 eliminieren und dann sehen für welches α_2 ΔE ein Max wird, wodurch man E_f erhält, dass eine Deformation an der Grenze der famos Ergenzt!)

$$E_f/4\pi r_0^2 \sigma A^{2/3} = f(x) = 98(1-x)^3/135 - 11368(1-x)^4/34425 + \dots$$

durch geeignete Interpolation kann man jetzt $f(x)$ oder als f_t von $2\tilde{r}/\lambda$ zu $2\tilde{r}/\lambda$ Limit darstellen (Fig 4)

es wird $f(0)$ und $f(1)$ $\left[\begin{matrix} x=0 \text{ Kurve} = x=1 \\ z=0 \text{ " } 3/2 \text{ zahs rela } (2\tilde{r}/\lambda) \text{ Limit} \end{matrix}\right.$ eine glatte Kurve gezogen

c.

Nya forskningsuppgifter

För att ta hand om utvecklingen av atomstaplar, för att ta fram bränsle och annat material till sådana samt för att bedriva härav betingad forskningsverksamhet grundades år 1947 det halvstatliga bolaget AB Atomenergi (AE). Så sakta började nya lovande forskare och tekniker att anställas i det nya bolaget, inom vilket bl a arbeten att utvinna uran ur våra svenska skiffrar utfördes. Forskning på det området drevs parallellt och allra först inom FOA. Det stod tidigt klart, att man vid konstruktion av en reaktor stod inför en rad olösta frågor, varför forskning och utveckling behövdes inte bara inom den kemiska delen med framtagning av uran som huvudmål utan även inom materialtekniken i övrigt t ex i samband med kapsling av uranet i en reaktor och i början även inom grundläggande delar av fysikområdet. Unga tekniska fysiker och universitetsfysiker sögs in i det nya området, ibland innan de ännu ej avlagt sin examen. Många av dessa anställdes vid FOA, avdelning 2, andra direkt vid AB Atomenergi. Forskningen inom de två organisationerna samordnades och leddes av dåvarande laboratorn vid FOA, fil dr Sigvard Eklund. Det kan vara av intresse att veta att en av de redan etablerade forskare, som kraftfullt deltog i värvning av ledande personal till FOA och AE-befattningar var professor Hannes Alfvén vid KTH, som under 1970-talet ju inte precis gjort sig bekant som kärnenergifältets främjare åtminstone vad gäller den gren av kärnenergi, som vi kallar fissionsenergi.

Osäkerheten inför de nya gigantiska arbetsuppgifterna var stor bland alla oss unga kring åren 1947–49, som tog itu med att lära oss vad vi egentligen skulle göra. Men vad som brast i kunskap ersattes av entusiasm och vilja att åstadkomma det nya, att ta det första steget in i atomåldern. Den arbetsuppgift man fick var kanske föga väldefinierad, t ex ”gör något med neutroner”. Inte lätt för en okunnig, mycket ung fysiker, som nätt och jämt visste att neutroner fanns. Men det var inte bättre ställt bland den stora allmänheten. Det kunde långt fram på 50-talet hända, att man tillfrågades om var man egentligen kunde ”bryta atomer”. De enda neutroner vi kunde åstadkomma var sådana, som frigjordes från små radioaktiva preparat inköpta från det mäktiga Union Minière de Haut Katanga, en belgisk firma, som även var en viktig uranproducent för USA, samt så småningom från små acceleratorer, ur vilka neutroner erhålls genom kärnreaktioner. Allt material var svårt att få tag i, men många firmor ville lyckligtvis sälja t ex mycket små mängder tung vätgas eller tungt vatten.

Forskningens organisation

Från 1 juli 1950 övergick en större grupp unga forskare och tekniker från FOA till AE. Därefter organiserades inom AE:s fysiska forskningsavdelning under Eklund arbetet på att ta fram den första reaktorn så, att sex olika sektioner formades med ansvar för olika revir sträckande sig ut i den okända värld som vi nu beträdde. Den intellektuella upptäcktsresan kunde börja. Vår tids svenska Columbus hade sjösatt sitt skepp. Dessa sektioner var i princip:

1. Experimentell reaktor- och neutronfysik (Guy von Dardel)
2. Teori. Reaktorns teori och beräkning (Nils Svartholm, Gunnar Holte)
3. Kärn- och reaktorkemi (Erik Haeffner)

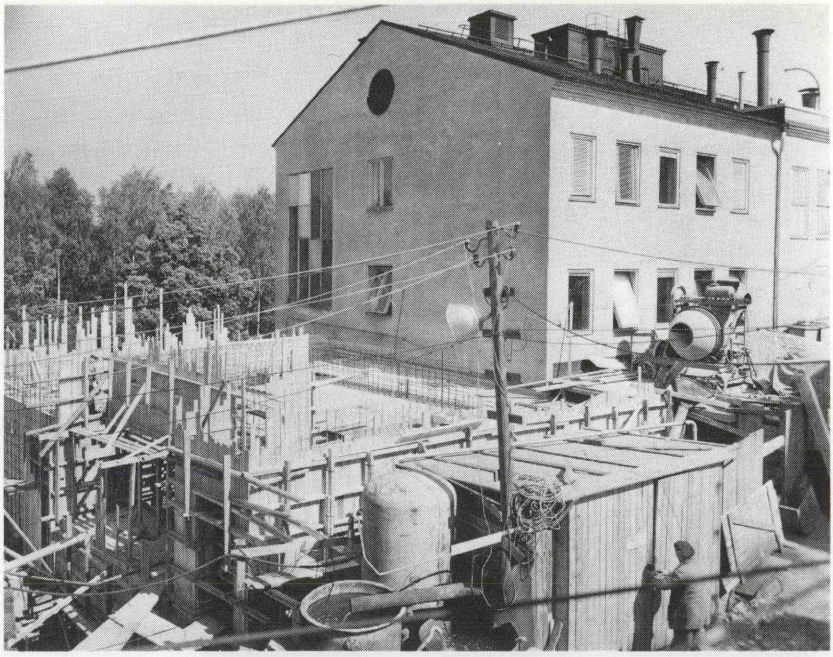
4. Instrumentering, styrning och kontroll av reaktor (Robert Vestergaard)
5. Konstruktion och byggnadsplanering (Gösta Lindberg)
6. Strålskydd och dosimetri (Lars Carlbom)

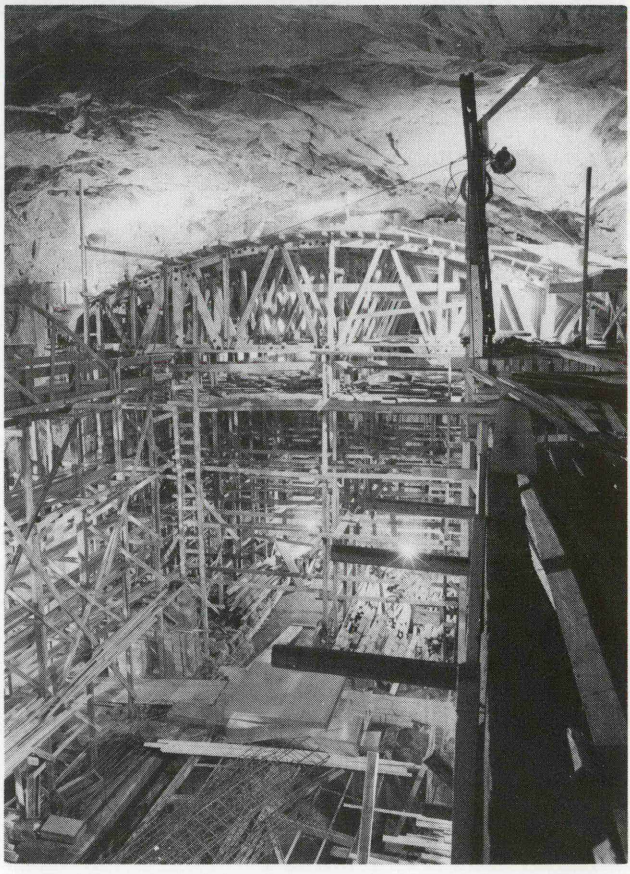
Namnen inom parentes anger personer som var sektionschefer. Listan över sektioner ser imponerande ut. Men vi var i själva verket inte så många omkring 1950. En handfull personer inom varje sektion. Arbetet inom varje sektion drevs dock med kraft och energi, och även om man knappt visste vad en reaktor var och än mindre kände till alla nödvändiga data, så arbetade varje grupp som om problemen inom angränsande grupper vore lösta. Reaktorn började konstrueras och byggas, innan man visste om dess grundläggande fysik och kemi. Men nog gick det sakta i början, tyckte vi otåliga, och det avspeglades bl a i de olika namnförslag, som dök upp för den första reaktorn. I Harwell, Englands atomcentrum, fanns en förstlingsreaktor med grafit och naturligt uran. Den kallades GLEEP = *G*raphite *L*ow *E*nergy *E*xperimental *P*ile. I analogi härmed föreslogs för vår första svenska benämningen SLEEP = *S*wedish *L*ow *E*nergy *E*xperimental *P*ile. Eller t o m SLURK = *S*vensk *L*ågenergi *U*ran *R*eaktor *K*anske. Namnförslagen speglar våra känslor vid början av 50-talet.

Koncessions-proceduren

Den tilltänkta reaktorns placering är värd några ord. Det stod klart för ledningen, att det värdefullaste man kan ha, är tillgång till skicklig personal samt en nära kontakt med vetenskaplig och teknisk forskning. En placering av den första reaktorn nära KTH bedömdes som värdefull. Helst i omedelbar anslutning till den byggnad vid Drottning Kristinas Väg 47–49, som kallades IVA:s försöksstation, i vilken gökungen AB Atomenergi snabbt trängde ut andra mindre snabbväxande bokamrater över kanten. På den tiden susade Djurgårdens björkar skönt över markerna norr och öster om försöksstationen. KTH hade ännu inte erövrat så stora delar av denna gröna oas i norra Stockholm. Andra skäl till denna placering av R1 var att man slapp bygga nya laboratorielokaler m m.

Undret inträffade. Tillstånd erhölls att bygga reaktorn i nordändan av försöksstationen. Den skulle dock inte komma att störa omgivningen, då den av olika skäl, t ex säkerhetsskäl, byggdes 25 meter under jord i präktigt berg. Drottning Kristinas Väg 51 skulle komma att bli adressen till hiss- och vakthuset och nedgången till R1. Numera måste var och en, som vill starta en reaktor, genomgå en oerhörd byråkrati i form av koncessionsansökningar och tillstånd. Särskilt med hänsyn till eventuell förekomst av radioaktiv strålning måste dock ett visst tillstånd erhållas även kring 1950. Men då fanns varken kärnkraftsinspektion eller strålskyddsinstitut utan myndigheterna, som utfärdade villkoren och löftet om start, var medicinalstyrelsen och radiofysiska institutionen vid Karolinska Sjukhuset. Denna leddes av den frejdade radiologiske forskaren och organisatören professor Rolf Sievert. Det var han och medarbetare, som avgjorde villkoren för R:1s start ur denna synpunkt, och som bestämde de radiologiska kontroller som skulle behövas. Vi, som arbetade här på 40-talets slut och början av 50-talet, glömmer inte dåvarande laborator Sven Benner, medarbetare till Sievert som regelbundet besökte oss och mätte våra strålnivåer med ganska enkla metoder.





2. Från byggnadsarbetet kring reaktorn. Överst trapphuset vid skorstenen under byggnad. Därunder tar bergrummet med platsen för reaktorn form. Bilden tagen 1953 i juli resp april. (Studsvik Energiteknik AB, Biblioteket)

Säkerhetsnormer

I samband med detta omnämnande av den enkla koncessionsproceduren skall här en annan viktig faktor framhållas i det pionjärarbete, som pågick. Alla vi, som arbetade i radiologiskt arbete, gjorde oss i hög grad till självansvariga för utveckling av säkerhetsnormer. Teknikerna tog själva initiativ till den nödvändiga säkerhetsbedömningen med avseende på den radioaktiva strålningen.

Säkerhetsbedömningen bakades samman med den tekniska och ekonomiska utvärderingen av projekten. Ja, säkerheten för allmänhet och anställda sattes som första punkt. Det torde innebära ett unikt och nytt initiativ i utveckling av en ny tung teknologisk verksamhet. I den debatt som förts under 1970-talet, och där yngre professionella miljö-aktivister varit pådrivande, har det låtit, som om teknikerna glömde allmänhetens säkerhet. Inget är mera felaktigt. Trots tidspress, stor innovationshöjd och brist på vissa fundamentala kunskaper intog skydds- och säkerhetsaspekterna en styrande roll i det dagliga arbetet, i konstruktion av reaktorn och i kontakterna med allmänheten.

Ni, som idag är skeptiska till kärnenergi, spärrar kanske förfärat upp ögonen vid genomläsning av denna beskrivning. Hur kunde man vara så släpphänt att medge en placering av en reaktor mitt i Stockholm? Svaret är: På denna tid härskade i vårt land liksom i stora delar av den tidigare krigshärjade världen en stark vilja att förbättra livsvillkoren för alla. Tekniken erbjöd en väg ut ur de små resursernas eller rent av fattigdomens samhälle. Allt som främjade utvecklingen mot en ny värld var välkommet. Ett bättre liv var också ett mera spännande sådant. Dynamiskt istället för statiskt. Ordet ”atom” hade positiva förtecken. En generation, som njutit frukterna av denna allmänna utveckling till förbättrade materiella villkor, synes till stora delar ha glömt dessa sammanhang. Erfarenheten visar för övrigt nu efteråt att alla säkerhets- och miljöbedömningar, som utfördes, var i stort sett korrekta.

Ingen kom någonsin till skada genom arbetet med R1 under åren 1950–1970. Det hör också till saken, att R1 långt senare, när moderna kontrollmyndigheter utformats, fick en förnyad och efter alla konstens regler utformad och bedömd koncessionsansökan bifallen.

Den ”svenska linjen”

Vilken sorts reaktor skulle vi nu bygga? I själva verket var möjligheterna inte många omkring 1950. En s k termisk reaktor (namnet termisk därför att den drives av termiska och långsamma neutroner) arbetar med uran som bränsle och t ex grafit, tungt vatten eller lätt vatten för att bromsa ned de snabba neutroner, som kommer från fissionsprocessen, så att de blir långsamma eller termiska. Uranet består som bekant av de två atomslagen, uran-238, som är tyngre, och uran-235, som är lättare. Det *naturliga uran*, som vi finner t ex i vår skiffer (Kvarntorp, Ranstad) eller i berg eller i havsvattnet innehåller 99,3 % uran-238 och 0,7 % uran-235. Det är i stort sett endast uran-235, som driver reaktorn, och ur vilket energi utvinnes. Uran-238 bidrar till en mindre del genom att det omvandlas till uran-239, vilket därefter omvandlas genom ett par radioaktiva sönderfall till plutonium-239. Detta senare ämne, plutonium-239 är jämte uran-235 bränslet i en reaktor. (Det kan noteras, att exakt samma ämnen också är materialet i atombomber, men då skall de vara renodlade.) De olika

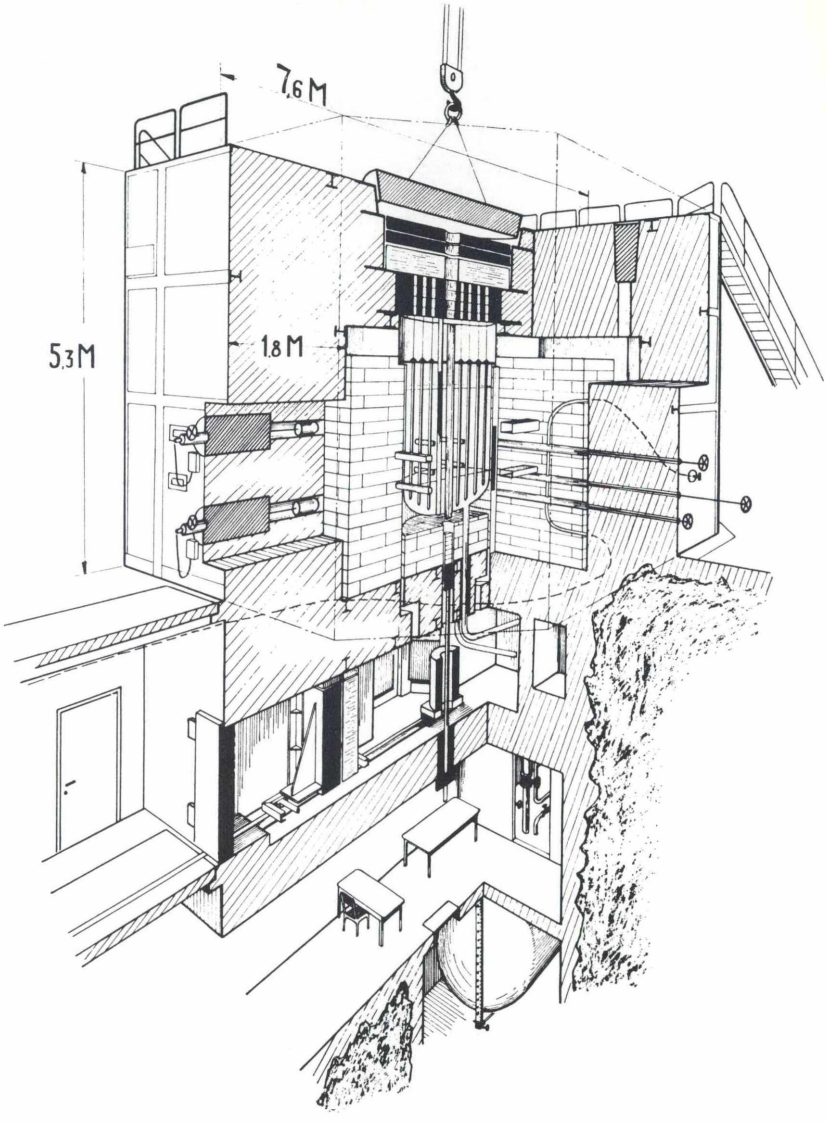
materialens egenskaper är sådana, att en reaktor kan fås att fungera med *naturligt uran*, endast om man använder tungt vatten eller grafit som nedbromsningsmaterial för de neutroner, som kommer ut ur uranet vid kärnklyvningen. Uran med annan sammansättning av uran-235 och uran-238 än den naturliga, s k anrikat uran, var otänkbar att komma över 1950. En fungerande reaktor med naturligt uran blir mindre i dimensionerna och drar mindre urankvantiteter, om den utföres med tungt vatten som neutron-nedbromsare (moderator) än med grafit. Därför blev också valet för R1: naturligt uran och tungt vatten. Den kombinationen kom sedan att lanseras som den "svenska linjen". Liknande reaktorer fanns dock i början av 50-talet i bl a USA, Canada, Frankrike och Norge. Linjen har fram till dags dato följts upp endast av Canada, som utvecklat den s k Candu-reaktorn.

Fanns det andra argument att välja den kombinationen för R1? Ja, innan man definitivt avfärdat planer på svenskt kärnvapen, så var tungvattenreaktorn den bästa plutoniumproducenten. Den har ett högt konversionsförhållande, vilket betyder, att den effektivt omvandlar uran-238 till plutonium-239. Överhuvudtaget om större mängder kvalitetsplutonium önskas för andra reaktorändamål, t ex bridreaktorer, så erbjuder tungvattenreaktorn en bra start. (Bridreaktor = en reaktor som producerar minst lika mycket eller mer brännbart material än den förbrukar.)

Fransk experimentreaktormodell

Modell för den första svenska experimentreaktorn, R1, var en fransk motsvarighet kallad ZOÉ. Från AE:s sida upprätthölls mycket goda kontakter genom Eklund som drivande kraft med den internationella atomforskningssocietén. Och inte minst med den franska. Viktig information strömmade på det sättet in till oss i det svenska laget. Hemlighållandet av atomuppgifter var emellertid mycket strikt fram till 1955. På det reaktorfysiska- och teknologiska området var enkla översiktssammanfattningar av typen Goodmans "Nuclear Science and Engineering" enda tillgängliga information tillsammans med s k "declassified documents" från amerikanska atomenergikommissionen. Det var därför mycket värdefullt, när amerikanska experter som t ex Milton C. Edlund kom över till oss från USA och höll föreläsningar ur det, som sedermera blev den berömda boken "Nuclear Reactor Theory" av Glasstone och Edlund.

Samarbetet med Frankrike och med vårt grannland Norge blev det, som ledde till att R1 möjliggjordes. Frankrike kom nämligen att till Sverige överlåta de ca 3 ton naturligt, metalliskt uran kapslat i aluminiumrör med ca 3 cm diameter, som utgjorde bränslet. Från Norge inhandlades under mycket stor sekretess de ca 5 ton tungt vatten, som behövdes i reaktorn. Man arbetade visserligen framgångsrikt inom AE, under den driftige ingenjören Erik Svenke som ledare, med att laka ut uran ur våra svenska skiffrar, men till R1 kunde inte svenskt bränsle bli färdigt. Det skall också noteras, att bränslet i R1 var uranmetall. Detta innebar en begränsning, då man med sådana bränslestavar inte kunde gå upp i några nämnvärda temperaturhöjningar av moderatorvattnet. För att nå högre temperaturer som i de kommande värme- och kraftalstrande reaktorerna måste annat och termodynamiskt stabilare bränsle användas, nämligen keramiskt ma-



3. Tvärsnitt av reaktorn. I mitten ses reaktortanken, som innehåller 5 ton tungt vatten och 3 ton uran i form av 126 stavar. Tanken är på sidor och botten omgiven av 90 cm grafit. Till skydd mot radioaktiv strålning omges reaktorn av 1,8 m tjocka betongväggar. Reaktortanken är åtkomlig uppifrån med hjälp av en travers. Kärnreaktionerna inuti reaktorn regleras med två plattor av kadmium, som löper mellan tankväggen och grafiten. För experiment, mätändamål och framställning av radioaktiva isotoper finnas ett stort antal horisontella och vertikala kanaler. Reaktorn startades den 13 juli 1954. (AB Atomenergi)

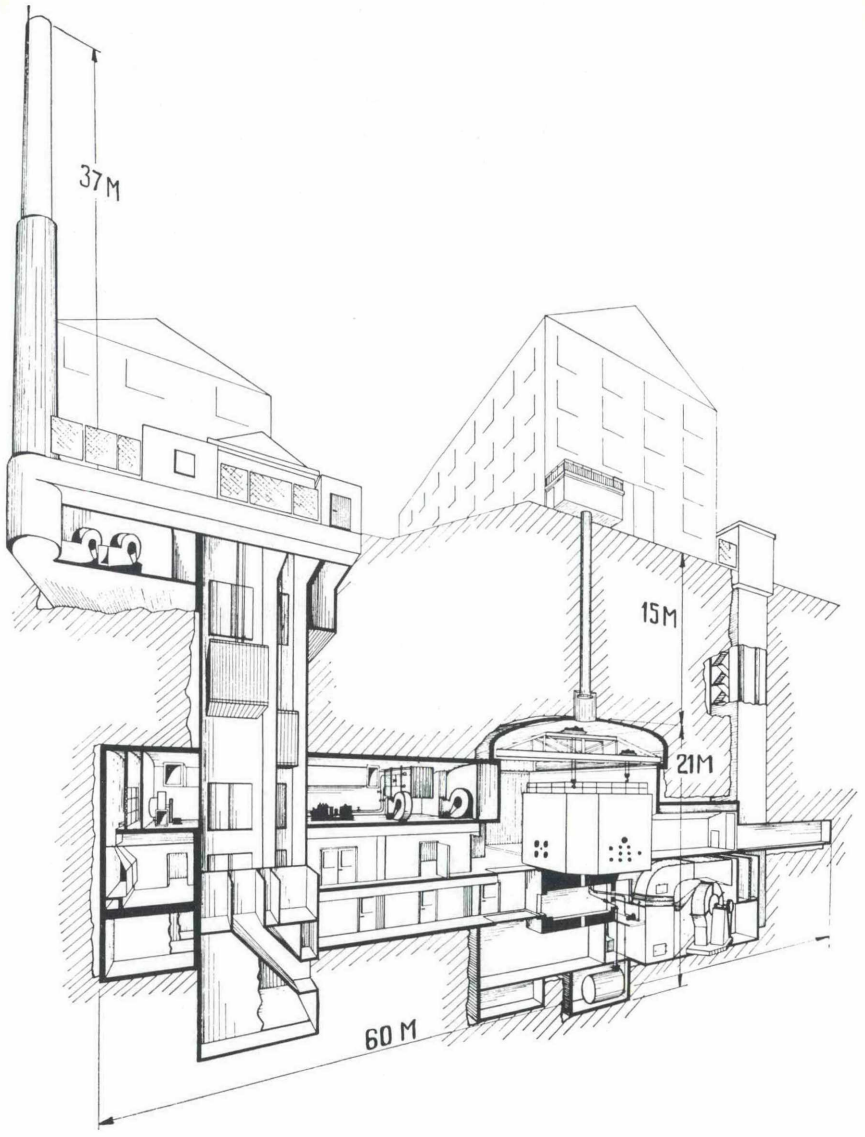
terial i form av uranoxid. Detta utvecklades tillsammans med det nya kapslingsmaterialet zirkalloy, en zirkoniumlegering, långt senare. (Numera professorn Roland Kiessling gjorde stora insatser på detta område.) Allt var nytt och okänt. Hur mycket de nya materialen skulle tåla var en nyckelfråga. Att reaktorn R1 ej skulle kunna köras upp i några högre termiska effekter stod klart. Den skulle bli en experimentreaktor. Den lilla effekt, som bildades i reaktorn, skulle effektivt kylas bort med luftkylning av det tunga vattnet, som från reaktorn cirkulerades ut till värmeväxlare. En arbetshypotes blev, att reaktorn skulle kunna drivas vid maximalt 100 kW (jfr dagens kraftreaktorer på ca 2.700.000 kW termisk effekt).

Arbetsgruppernas forskningsuppgifter

Det mörker de olika arbetsgrupperna kring R1:s tillblivelse svävade i från starten i slutet av 40-talet skingrades relativt snabbt. Inom fysikergrupperna bekantade man sig effektivt med neutroner och kärnfysikaliska effekter i reaktorn, inom kemisektionen arbetade man med frågor om anrikning (man framställde exempelvis anrikat bor-10, som var mycket bra att ha i neutronräknare), man studerade upparbetningsfrågor och plutoniumkemi, man lärde sig att rena tungt vatten, som blivit förorenat i reaktor, man studerade strålningsinverkan på vatten och vattenlösningar, s k strålningskemi, och man ägnade sig allmänt åt bränslets behandling från produktion till utbränning och upparbetning. Konstruktörerna arbetade på utformningen av den nya maskinen och från juli 1951 sprängdes de två schakten ned i berget vid IVA:s försöksstation. Instrument fanns bara delvis att köpa, varför en omfattande instrumentutveckling ägde rum. De grupper, som konstruerade det elektroniska kontrollsystemet hade att ta fram nya instrument och introducera den då rätt okända reglertekniken på det raffinerade styrproblemet för reaktorer. Parallellt härmed beräknades olika detaljer av reaktorns förutserbara beteenden, dess kritiska storlek etc av teorigrupperna.

Tvärvetenskapens genombrott

Det vore fel att påstå, att denna skapelseprocess försiggick utan våndor. Precis som vi än idag vid t ex en teknisk högskola har representerat hela skalan av vetenskap och teknik, från de mest grundläggande vetenskapsidkande över det tekniskt nyskapande idéstadiet och slutligen till verkställigheten av den tekniska processen med hänsynstagande till ekonomi, säkerhet, miljö i de mest tillämpade ämnesområdena, så fanns detta register representerat vid vår R1-verksamhet. Och visst uppstod konflikter. Förespråkare för mera grundläggande tillvägagångssätt med analys av många nyckelprojekt från den fysikaliska eller kemiska elementarnivån kom ofta att stå mot de praktiskt och strikt ingenjörsmässigt inställda, som mera med tumregeltillämpningar och delvis obestyrkta approximationer men med stöd av teknisk intuition och "lagom med vetenskap" ville snabbt nå resultat. Det fick kompromissas och ofta vann nog den driftiga ingenjörssidan. Resultatet blev till slut gott: reaktorn fungerade bra, och man fick nöja sig med att i efterhand studera de mera grundläggande frågorna av fysisk, kemisk, materialteknisk eller annan art som lämnats bakom. Detta blev sedermera olika specialiserade forskares uppgifter.



4. Tvärsnitt av den underjordiska byggnaden med reaktorn och tillhörande laboratorier, ventilationsaggregat och värmeväxlare. Bergrummet är förbundet med markytan genom två schakt, det ena med två hissar och det andra med lufttrummor för värmeväxlaren och en trappa som reservutgång. Ventilationsluften utblåses genom skorstenen.

Sprängningen av bergrummet började i juli 1951 och avslutades i oktober 1952. Den utsprängda volymen är 13 000 m^3. (AB Atomenergi)

Många fick under denna fascinerande pionjärtid ägna sig åt ett betydande mångsyssleri både i stort som smått. Detta var verkligen ett tvärvetenskapens genombrott i stort. Jag erinrar mig exempelvis hur jag bl a ägnade mig åt instrumentutveckling, precisionsmätning av neutroner, rening av bortrifluoridgas, beräkning av neutronflöden i reaktorer, utveckling av viss strålskyddsteknik, beräkning av utbredning av radioaktiv strålning från ett moln, utveckling av metoder för flygprospektering efter uran. Dessa senare metoder testades med ett gammalt Storch-flygplan över Kvarntorps skifferfält. Sällan har jag mått så illa som under dessa lågflygningar. Så kunde livet te sig för unga forskare i dessa dagar 1948—54.

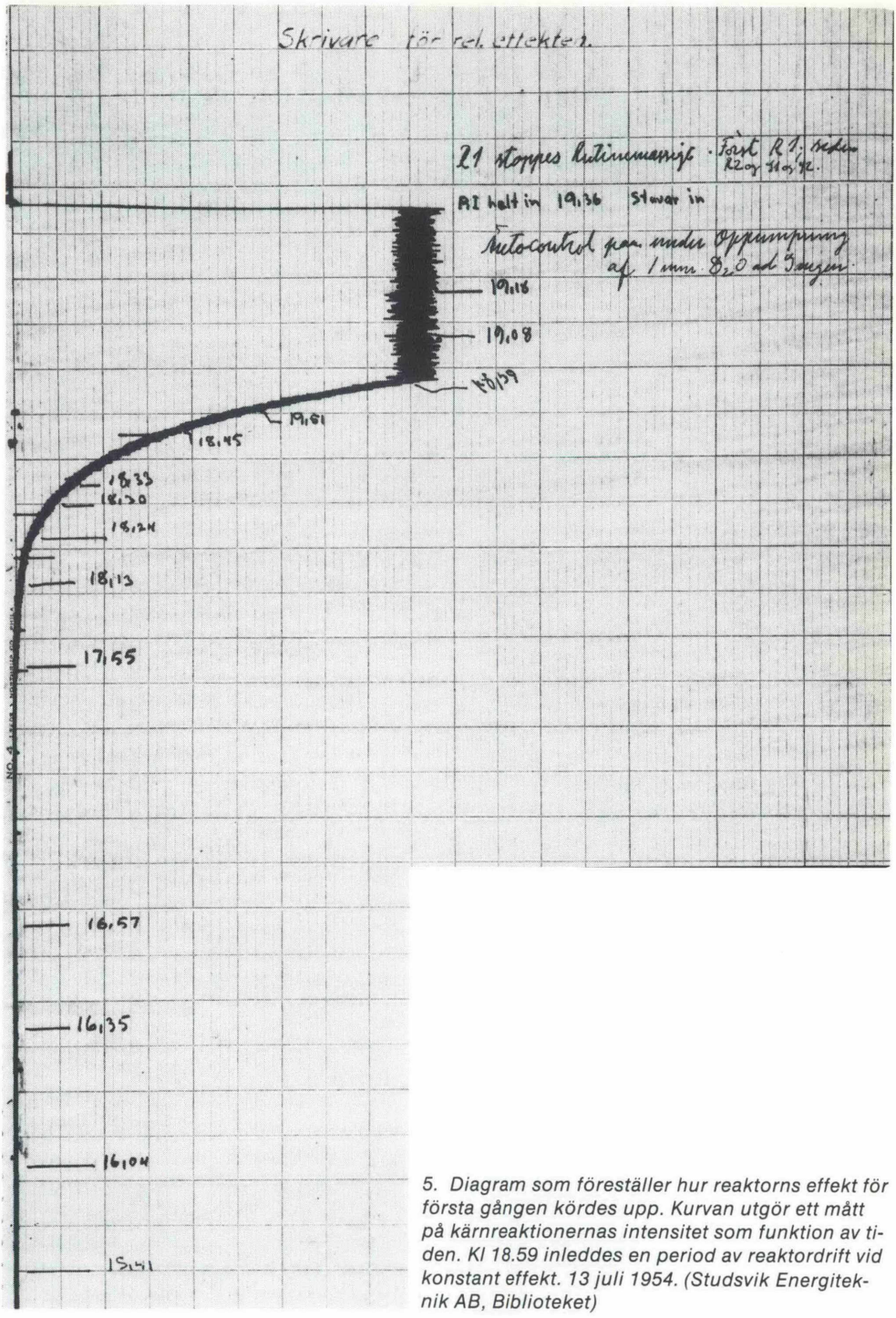
R1 på plats

I mitten av sommaren 1954 stod det nya tekniska underverket på plats. Bergrummet var vackert blåmålat med en mängd ljuspunkter i taket av den höga salen. Det hela gav illusionen av en oföränderlig stjärnhimmel över den febrilt dynamiska verksamheten i reaktorhallen. Den 13 juli 1954 började det tunga vattnet pumpas in i den aluminiumtank, i vilken de tre tonnen uran hängde ned i form av 126 uranstavar. De bortrifluoridräknare, som känsligt registrerar neutroner, gav i början en eller annan impuls ifrån sig, men när nivån av tungt vatten nått ett par meter upp i tanken, så började tickandet öka först sakta, sakta, så snabbare: reaktorn hade nått kritisk storlek och kärnreaktionerna i reaktorn drev nu sitt eget dock väl kontrollerade spel. Sverige hade inträtt i atom-åldern, ca elva och ett halvt år efter att den italienske fysikern och nobelpristagaren Enrico Fermi startat världens första reaktor, CP-1, i Chicago den 2 december 1942. AE var då ca 7 år gammalt.

En ledande och stolt konstruktionsingenjör vid R1 yttrade en gång då reaktorn var under tillverkning: ”Vi gör ju faktiskt om Fermis bedrift från 1942 då han startade CP-1”. Eklund hade dock den kolossalt stora skillnaden mellan Fermis CP-1 och vår egen R1 klar för sig, då han svarade: ”Nej, ty vi vet att reaktorn kommer att gå”. Den svenska seglatsen över det intellektuella äventyrets ocean var inte den första, men dock en tidig sådan.

Man kan säga att det första året av R1:s drift ägnades åt ett noggrant studium av dess beteendemönster, driftegenskaper och prestanda. Människan utanför AE kunde inte se reaktorns existens på annat sätt än genom existensen av den höga skorstenen vid Drottning Kristinas Väg 51. Reaktortanken omgavs av en reflektor av grafit och denna kyldes genom luftströmmar. Kylluften blåstes ut genom skorstenen. För att kontrollera att denna inte innehöll några otillåtna nivåer av radioaktivt argon och annat, så fanns strålningsdetektorer utplacerade på husen på Röda Korsets sjukhem och uppe på husen sydväst om Östra station. Allt fungerade utmärkt och inga strålningsproblem noterades.

Aptiten växer medan man äter, och vid R1 uppstod önskan att höja effekten. Den ursprungliga effekten av 100 kW höjdes gradvis, och man försökte sig på höjning upp mot 600 kW. Man kunde inte tillåta, att temperaturen på det uppvärmda tunga vattnet steg till mer än ca 40°C, annars skulle tankkonstruktionen och uranstavar kunna komma i fara. Det visade sig, att man inte kunde nå 600 kW utan ca 525 kW som högst,



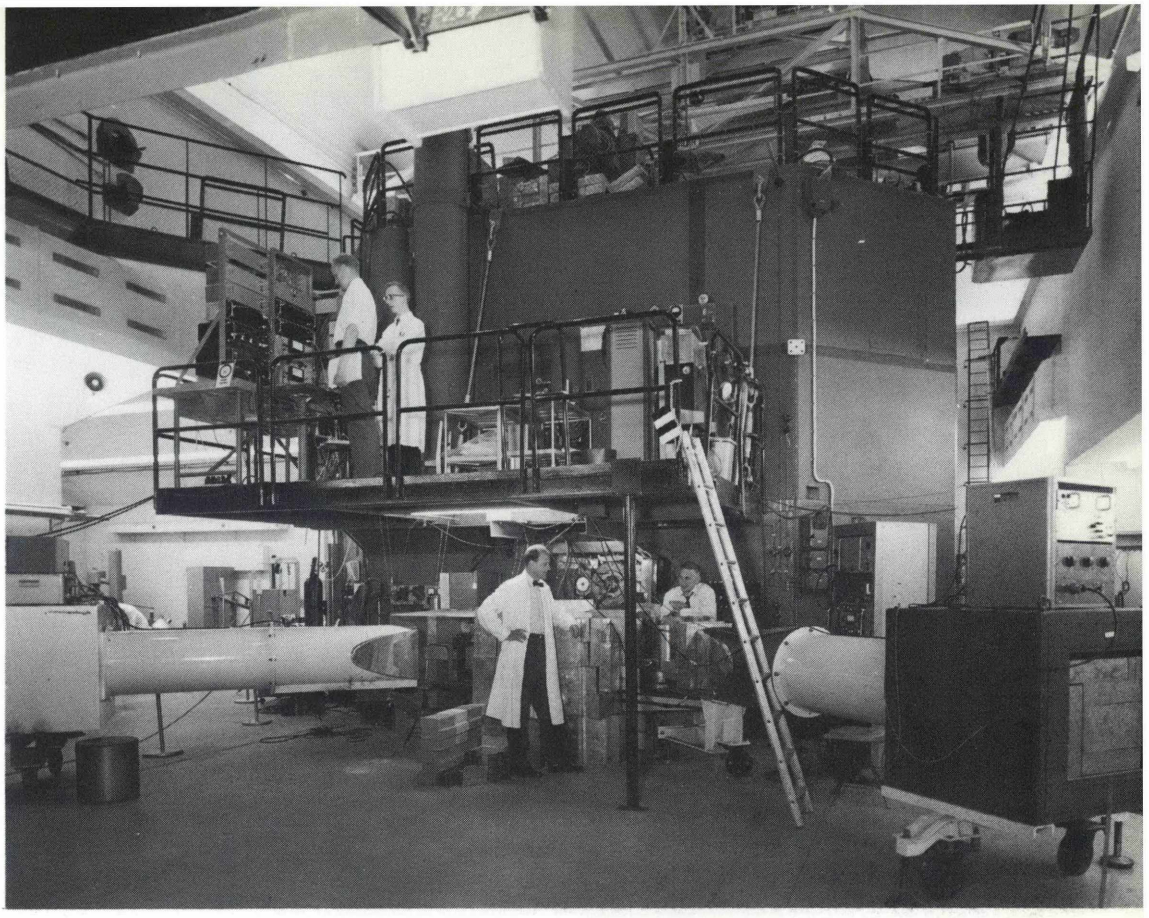
5. Diagram som föreställer hur reaktorns effekt för första gången kördes upp. Kurvan utgör ett mått på kärnreaktionernas intensitet som funktion av tiden. Kl 18.59 inleddes en period av reaktordrift vid konstant effekt. 13 juli 1954. (Studsvik Energiteknik AB, Biblioteket)

då lufttemperaturen ute – kylluften – var låg och mindre än 525 kW på sommaren. Uppfinningsrikedomen var emellertid stor under den påhittige driftschefen Nils Berglund, och man fann på att vattenbegjuta värmeväxlaren. Effekten kunde då höjas ytterligare till en effekt av 800 kW. Absolutkalibreringen av reaktoreffekten var ett problem, och man trodde faktiskt under denna tid 1958–1959 att man drev reaktorn vid 1000 kW. Det sista steget i effekthöjning ägde rum 1966, då man ersatte luftkylningen med vattenkylning, lätt vatten kylande tungt vatten. Sedan drevs reaktorn konstant vid en verklig termisk effekt av 1000 kW under resten av sin drifttid.

Reaktorns användning

Hur användes nu reaktorn? Till att börja med för att lära sig hur en reaktor fungerar. Tämligen snabbt utvecklades en isotoptillverkning vid R1, som skedde behändigt genom ett automatiserat rörpostsystem, som konstruktören kunde känna sig stolt över.

Radioaktiva isotoper levererades till sjukhus och forskningsinstitutioner. Reaktorn var naturligtvis landets förnämsta neutronkälla, och från slutet av 1956 utvecklades vid R1 teknik och kunnande i att dra ut strålar av neutroner ur reaktorn och med dessas hjälp undersöka olika sorters beteende av atomer och molekyler i de bestrålade materialen. Här infördes sålunda den s k neutronspridningstekniken i Sverige. Resultat av världsformat producerades från 1957–1960 med rätt små medel. Forskargrupper från KTH, Chalmers och Uppsala Universitet utnyttjade strålningen från R1. Som ett mått på den betydelse kärnenergifältet nu fått så inrättades från 1 juli 1961 vid KTH och även något år tidigare vid CTH professurer i bl a reaktorfysik och kärnkemi. Dessa institutioner, särskilt de i reaktorfysik kom att under hela reaktorns livstid flitigt utnyttja den för undervisning och forskning. Intresset för själva reaktorn avtog emellertid snabbt från 1955, trots att reaktorn var en succé. Anledningen till det sjunkande intresset för R1 från 1955 var, att detta år hölls i september månad den första Genève-konferensen om ''Den fredliga användningen av kärnenergi'' som ett resultat av bl a president Eisenhowers ''Atoms for peace'' program. Vid denna konferens presenterades några hyllmeter fakta om kärnreaktorer, fakta, som tidigare varit delvis hemlighållna. Många ekonomer och i ämnet mindre bevandrade tekniker trodde nu, att härmed var vägen öppen för exploatering av den nya energikällan, kärnenergi, i stor och lönsam skala. I vårt land lanserades tankar på inte bara forskningsreaktor av materialtestningstyp, R2 i Studsvik, utan även på värme och elkraftproducerande reaktorer. Statens vattenfallsverk i samarbete med ASEA och den nya industriellt inriktade avdelningen av AE framkastade storvulna planer på reaktorerna R3-Adam och R4-Eva. Denna industriella yra varade dock endast tills man stötte pannan mot den kalla verkligheten: dels var det inte så enkelt tekniskt sett att utveckla högeffektreaktorer, och dels kunde lönsamheten i hela idén ifrågasättas. Detta stod allt klarare efter den andra Genève-konferensen, som avhölls 1958. När det gällde kärnvapenutveckling, så blev det vid denna tid klart, att Sverige inte skulle inveckla sig i framtagandet av ett sådant. Efter 1958 krymptes reaktorerna Adam och Eva till ett enda tungvattenprojekt känt som Ågesta-reaktorn i Stockholm, vilken startades 1963 och levererade



6. Experimentverksamhet vid R1. Bilden visar experimentalapparaturer uppställda framför de olika bestrålningskanaler som genomträngde betongskydd och grafit och gick in mot reaktortanken eller in i densamma. Reaktorn arbetar som strålningskälla för forskning. (Studsvik Energiteknik AB, Biblioteket)

55 MW värme-energi till kringliggande bostadsområdena och 10 MW el-energi till nätet under tio års tid till 1973.

Motstånd mot kärnkraft-utbyggnad

Rent parentetiskt skall noteras, att motstånd mot kärnkraftutbyggnad för första gången dök upp i Sverige, då utbyggnadsplanerna för Ågesta presenterades i början av 60-talet. Dåvarande villaägareföreningen protesterade mot utsläpp i sjön Magelungen. Det skall här emellertid konstateras, att samma villaägareförening såg mycket positivt på reaktorn som värmekälla tio år senare i början av 70-talet och t o m gjorde uttalanden för bibehållande av reaktorn. Den var så mycket renare visavi sin omgivning via utsläpp än ersättningsverket, som var oljeeldat och spydde ut sitt sot och sin svaveloxid över omgivningen. Det var en ödets ironi, att reaktorn lades ned 1973 på grund av olönsamhet, just när oljepriserna började sin raska marsch uppåt.

Omkring årsskiftet 1960–1961 fattades ett annat beslut, som fick betydelse för landets tungvattenlinje, den s k svenska linjen. Då beslöts om uppförande av Marviken-reaktorn, som småningom utvecklades till ett avancerat projekt med s k nukleär överhettning av den producerade ångan för att driva upp verkningsgraden. Reaktorn skulle ha arbetat vid en termisk effekt av mer än 400 000 kW. Som är väl bekant blev konstruktionen alltför invecklad och projektet lades ned efter knappt tio års planering, utveckling, konstruktion och byggnad. Därmed gick den svenska tungvattenlinjen i graven.

Det kan dock nämnas, att man inom denna tid även haft planer på att införa ett antal varmvattenalstrande reaktorer i landet. Även detta projekt skrinlades. I stället utvecklades de el-kraftproducerande lättvattenmodererade reaktorerna med bränsle anrikat på uran-235, som kunde köpas ur USA:s överskottslager. Det var i princip en reaktor, som utvecklats under en amerikansk officers ledning, amiral Rickover, för den amerikanska flottans räkning, som nu landbaserades och utvecklades till en kraftreaktor. I och med att den linjen valdes i Sverige övergavs planerna på vårt framtida energiberoende för en lång tid framåt. Med tungt vatten och naturligt uran finns i Sverige en god energiförsörjning på nationell oberoende-basis. Med lätt vatten och anrikat uran är vi beroende av anrikningstjänster från stormakterna.

R1:s nedläggning

Emellertid ledde den skisserade utvecklingen till att dels minskade AE:s ekonomiska resurser mot slutet av 60-talet och dels var helt allmänt intresset för en tungvattenreaktor i bottenläge. Beslutet om R1:s nedläggning togs av AE 1969 och det kunde trots uppvaktning hos dåvarande utbildningsministern, Olof Palme, inte förhindras. Den 6 juni 1970 sänktes säkerhetsstavarna för sista gången i denna Sveriges första reaktor. Särskilt KTH gjorde därmed en betydande förlust. Genom sitt centrala läge var reaktorn ett mycket värdefullt forsknings- och utbildningsinstrument. Man kan jämföra med Studsvik, som bl a genom sitt isolerade läge aldrig blivit det planerade stora forskningscentret trots sina avsevärda tunga resurser.

Nu tio år senare har R1 åter blivit aktuell. Reaktorhallen har stått oanvänd sedan 1970. Uranstavarna förvaras i Studsvik och det tunga vattnet är sålt. Det kostar pengar att hålla reaktorhallen även tom. Tanken har väckts att riva R1, dvs den järn- och betongkonstruktion med grafit som finns kvar. Radioaktiviteten i materialet runt den gamla reaktorn är nu låg. Så blir då kanske R1 pionjär ytterligare en gång: nu får man öva sig i konsten att riva en uttjänt reaktoranläggning. I samband med debatten om våra kraftreaktorer har ju hanteringen av uttjänta kärnkraftverk varit en diskussionspunkt. R1 kommer tydligen att leverera demonstrationsmaterial. Det har sagts, att rivning skulle kosta 25 miljoner kronor i dag. Uppbyggnad av hela anläggningen kostade ca 20 miljoner kronor 1951–1954. Sedan dess har penningvärdet fallit sex gånger till 1981. Det skulle betyda, att de 25 miljonerna hade varit 4 miljoner 1954, dvs rivningen kostar runt 20 % av hela anläggningskostnaden. Härav kan kanske lärdom dragas för framtiden. Pionjären förblev pionjär till sin förintelse.